

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-33818

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 21/02  
21/16

識別記号 庁内整理番号

F I  
G 0 2 B 21/02  
21/16

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全7頁)

(21) 出願番号 特願平7-207603

(22) 出願日 平成7年(1995)7月21日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 水澤 聖幸

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 弁理士 山口 孝雄

(54) 【発明の名称】 顕微鏡対物レンズ

(57) 【要約】

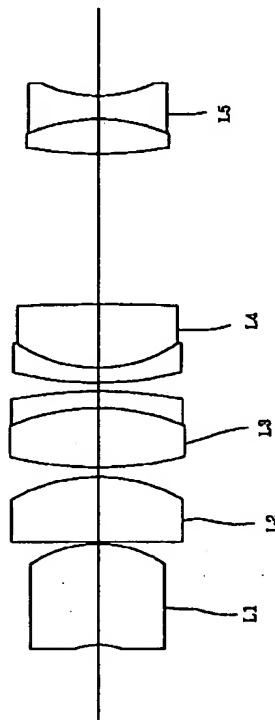
【課題】 倍率が20倍程度で、中心から周辺に亘って像面が平坦で諸収差が良好に補正され、且つ落射蛍光観察用としても使用可能なセミアポクロマート級の顕微鏡対物レンズ。

【解決手段】 物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、接合正レンズ成分L3と、接合正レンズ成分L4と、像側に凹面を向けた負メニスカス接合レンズ成分L5とを備え、

$$-1.1 < f_1 / f < -3$$

$$-1.2 < f_5 / f < -7$$

の条件を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、接合正レンズ成分L3と、接合正レンズ成分L4と、像側に凹面を向けた負メニスカス接合レンズ成分L5とを備え、

前記負メニスカスレンズ成分L1の焦点距離をf1とし、レンズ全系の焦点距離をfとし、前記負メニスカス接合レンズ成分L5の焦点距離をf5としたとき、

$$-1.1 < f_1 / f < -3$$

$$-1.2 < f_5 / f < -7$$

の条件を満足することを特徴とする顕微鏡対物レンズ。

【請求項2】 前記接合正レンズ成分L3は少なくとも1つの負レンズを有し、前記負メニスカス接合レンズ成分L5は少なくとも1つの正レンズを有し、前記接合正レンズ成分L3中の前記少なくとも1つの負レンズのアッペ数をv3nとし、前記接合正レンズ成分L4と前記負メニスカス接合レンズ成分L5との軸上空気間隔をDとし、レンズ全系の焦点距離をfとしたとき、

$$v3n < 4.5$$

$$1 < D / f < 3$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の顕微鏡対物レンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は顕微鏡対物レンズに関するもので、特に落射蛍光観察用としても使用可能なセミアポクロマート級の顕微鏡対物レンズに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、蛍光観察用の顕微鏡対物レンズでは、紫外線励起光（励起波長：365 nm程度）に対する透過率を向上させなければならないという条件がある。ところが、紫外線励起光のような短波長域において良好な透過率を有する光学材料の種類が限定されているばかりでなく、所定の透過率を確保するために構成レンズ枚数を増やすことができない。このため、蛍光観察用の顕微鏡対物レンズでは、収差補正が困難である。なお、従来の蛍光観察用の顕微鏡対物レンズとしては、特開昭55-79406号公報に開示されている対物レンズがある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 通常、倍率が20倍以下の顕微鏡対物レンズを用いて標本を観察する場合、標本の全体像を観察することが多い。したがって、特に倍率が20倍以下の顕微鏡対物レンズでは、周辺部まで収

$$-1.1 < f_1 / f < -3$$

$$-1.2 < f_5 / f < -7$$

ここで、

f1：負メニスカスレンズ成分L1の焦点距離

f：レンズ全系の焦点距離

差を良好に補正する必要がある。しかしながら、たとえば上述の公報に開示されているような従来の顕微鏡対物レンズでは、像面弯曲が良好に補正されておらず、周辺部において像の平坦性があまり良くなかった。

【0004】 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、倍率が20倍程度で、中心から周辺に亘って像面が平坦で諸収差が良好に補正され、且つ落射蛍光観察用としても使用可能なセミアポクロマート級の顕微鏡対物レンズを提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決するためには、本発明においては、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、接合正レンズ成分L3と、接合正レンズ成分L4と、像側に凹面を向けた負メニスカス接合レンズ成分L5とを備え、前記負メニスカスレンズ成分L1の焦点距離をf1とし、レンズ全系の焦点距離をfとし、前記負メニスカス接合レンズ成分L5の焦点距離をf5としたとき、

$$-1.1 < f_1 / f < -3$$

$$-1.2 < f_5 / f < -7$$

の条件を満足することを特徴とする顕微鏡対物レンズを提供する。

【0006】 本発明の好ましい態様によれば、前記接合正レンズ成分L3は少なくとも1つの負レンズを有し、前記負メニスカス接合レンズ成分L5は少なくとも1つの正レンズを有し、前記接合正レンズ成分L3中の前記少なくとも1つの負レンズのアッペ数をv3nとし、前記接合正レンズ成分L4と前記負メニスカス接合レンズ成分L5との軸上空気間隔をDとし、レンズ全系の焦点距離をfとしたとき、

$$v3n < 4.5$$

$$1 < D / f < 3$$

の条件を満足する。

## 【0007】

【発明の実施の形態】 上述のように、本発明の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、接合正レンズ成分L3と、接合正レンズ成分L4と、像側に凹面を向けた負メニスカス接合レンズ成分L5とを備え、所定の条件式を満足する。以下、本発明の各条件式について説明する。

【0008】 本発明においては、以下の条件式（1）および（2）を満足する。

(1)

(2)

f5：負メニスカス接合レンズ成分L5の焦点距離

【0009】 条件式（1）は、負メニスカスレンズ成分L1の屈折力について適切な範囲を規定している。条件

式(1)の上限値を上回ると、負メニスカスレンズ成分L1の負の屈折力が強くなり過ぎて、正メニスカスレンズ成分L2の屈折力負担が大きくなり、球面収差が悪化してしまう。一方、条件式(1)の下限値を下回ると、負メニスカスレンズ成分L1の負の屈折力が弱くなり過ぎて、ペツツバール和が補正不足になり、像面湾曲が悪化してしまう。

【0010】条件式(2)は、負メニスカス接合レンズ成分L5の屈折力について適切な範囲を規定している。条件式(2)の上限値を上回ると、負メニスカス接合レンズ成分L5の負の屈折力が強くなり過ぎて、ペツツバ

$$\nu 3n < 4.5 \\ 1 < D/f < 3$$

ここで、

$\nu$ 3n:接合正レンズ成分L3中の負レンズのアッペ数  
D:接合正レンズ成分L4と負メニスカス接合レンズ成分L5との軸上空気間隔

【0012】条件式(3)は、接合正レンズ成分L3中の負レンズのアッペ数について適切な範囲を規定している。条件式(3)の上限値を上回ると、倍率の色収差および軸上の色収差がともに補正不足になるので、好ましくない。

【0013】条件式(4)は、接合正レンズ成分L4と負メニスカス接合レンズ成分L5との軸上空気間隔について適切な範囲を規定している。条件式(4)の上限値を上回ると、倍率の色収差が補正過剰になり、負メニスカス接合レンズ成分L5中の正レンズに過大の屈折力負担を強いることになる。その結果、色のコマ収差のバランスが崩れるので、好ましくない。一方、条件式(4)の下限値を下回ると、倍率の色収差が補正不足になるので、好ましくない。

#### 【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。

	r	d
1	75.0450	5.1
2	-75.045	2.0
3	1600.5800	7.5
4	50.2560	5.1
5	-84.5410	1.8
6	36.9110	

【0018】【実施例1】図1は、本発明の第1実施例にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。図示の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合正レンズ成分L3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの接合正レンズ成分L4と、両凸レンズと両凹レンズとの接合負レンズ成分L5とから構成されている。

ール和が補正過剰になり、像面湾曲が悪化してしまう。一方、条件式(2)の下限値を下回ると、負メニスカス接合レンズ成分L5の負の屈折力が弱くなり過ぎて、ペツツバール和が補正不足になり、像面湾曲が悪化してしまう。

【0011】また、本発明においては、接合正レンズ成分L3が少なくとも1つの負レンズを有し、負メニスカス接合レンズ成分L5が少なくとも1つの正レンズを有し、次の条件式(3)および(4)を満足することが望ましい。

(3)

(4)

て説明する。各実施例において、本発明の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、接合正レンズ成分L3と、接合正レンズ成分L4と、像側に凹面を向けた負メニスカス接合レンズ成分L5とを備えている。

【0015】なお、各実施例において、顕微鏡対物レンズの像側には、145mmの軸上空気間隔を隔てて結像レンズ(第2対物レンズ)が配置されている。そして、顕微鏡対物レンズと結像レンズとの組み合わせにより、無限光学系が形成されている。

【0016】次の表(1)に、各実施例における結像レンズの諸元の値を掲げる。表(1)において、左端の数字は物体側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nおよび $\nu$ はそれぞれd線( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ )に対する屈折率およびアッペ数を示している。

#### 【0017】

##### 【表1】

	n	$\nu$
1.6228	57.0	
1.7500	35.2	
1.6676	42.0	
1.6127	44.4	

【0019】次の表(2)に、本発明の実施例1の諸元の値を掲げる。表(2)において、fはレンズ全系の焦点距離を、NAは開口数を、 $\beta$ は倍率を、WDはワーキングディスタンス(作動距離)をそれぞれ表している。さらに、左端の数字は物体側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nおよび $\nu$ はそれぞれd線( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ )に対する屈折率およびアッペ数を示している。

#### 【0020】

##### 【表2】

$\beta = 20 \times$   
 NA = 0.5  
 WD = 1.8 mm  
 f = 10.0 mm

	r	d	n	v
1	-4.8011	9.8	1.5638	60.7
2	-9.3534	0.25		
3	-299.9470	6.05	1.4978	82.5
4	-13.8449	0.85		
5	30.9460	5.7	1.4339	95.6
6	-16.7003	1.5	1.6034	38.0
7	-41.9840	0.9		
8	28.8900	1.3	1.6889	31.1
9	11.5001	5.95	1.4339	95.6
10	-213.9230	14.35		
11	27.8930	3.45	1.6034	38.0
12	-12.5000	2.1	1.5014	56.4
13	11.5001			

(条件対応値)

- (1)  $f_1/f = -7.82$
- (2)  $f_5/f = -9.66$
- (3)  $v_3n = 38.0$
- (4)  $D/f = 1.435$

【0021】図2は、第1実施例における諸収差図である。各収差図において、Yは像高を、NAは開口数を、dはd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) を、cはC線 ( $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ) を、gはg線 ( $\lambda = 435.6 \text{ nm}$ ) をそれぞれ示している。なお、非点収差を示す収差図において実線sはサジタル像面を示し、破線mはメリディオナル像面を示している。各収差図から明らかのように、本実施例では、落射蛍光観察用の紫外線励起光に対して透過率の高い光学材料を使用した簡素なレンズ構成でありながら、諸収差が良好に補正されていることがわかる。特に、中心から周辺に亘って像の平坦性が良好に確保されていることがわかる。

【0022】【実施例2】図3は、本発明の第2実施例にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。図示

$\beta = 20 \times$   
 NA = 0.5  
 WD = 1.85 mm  
 f = 10.0 mm

	r	d	n	v
1	-4.7194	9.2	1.5638	60.7
2	-10.7507	0.2		
3	-108.5070	5.45	1.5186	70.0
4	-14.1701	0.2		
5	45.6890	1.7	1.5750	41.4
6	22.2500	4.3	1.4339	95.6
7	-22.2500	4.4		
8	26.0490	1.1	1.6727	32.2

の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの接合正レンズ成分L3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合正レンズ成分L4と、両凸レンズと両凹レンズとの接合負レンズ成分L5とから構成されている。

【0023】次の表(3)に、本発明の実施例2の諸元の値を掲げる。表(3)において、fはレンズ全系の焦点距離を、NAは開口数を、 $\beta$ は倍率を、WDはワーキングディスタンス(作動距離)をそれぞれ表している。さらに、左端の数字は物体側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nおよびvはそれぞれd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) に対する屈折率およびアッペ数を示している。

【0024】

【表3】

9	13.2001	6.0	1.4339	95.6
10	-13.2001	1.7	1.6034	38.0
11	-44.5600	14.1		
12	36.7780	3.7	1.6034	53.7
13	-13.6691	1.3	1.4875	70.4
14	12.0508			

(条件対応値)

- (1)  $f_1/f = -3.31$
- (2)  $f_5/f = -7.42$
- (3)  $v_{3n} = 41.4$
- (4)  $D/f = 1.41$

【0025】図4は、第2実施例における諸収差図である。各収差図において、Yは像高を、NAは開口数を、dはd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) を、cはC線 ( $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ) を、gはg線 ( $\lambda = 435.6 \text{ nm}$ ) をそれぞれ示している。なお、非点収差を示す収差図において実線sはサジタル像面を示し、破線mはメリディオナル像面を示している。各収差図から明らかなように、本実施例では、落射蛍光観察用の紫外線励起光に対して透過率の高い光学材料を使用した簡素なレンズ構成でありながら、諸収差が良好に補正されていることがわかる。特に、中心から周辺に亘って像の平坦性が良好に確保されていることがわかる。

【0026】【実施例3】図5は、本発明の第3実施例

$$\begin{aligned} \beta &= 20 \times \\ \text{NA} &= 0.5 \\ \text{WD} &= 2.1 \text{ mm} \\ f &= 10.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

	r	d	n	v
1	-4.9107	10.0	1.5638	60.7
2	-9.2500	0.4		
3	-63.3900	4.95	1.4978	82.5
4	-13.8170	0.2		
5	99.1410	1.5	1.6034	38.0
6	23.5021	3.8	1.4339	95.6
7	-23.5021	0.2		
8	23.5021	3.8	1.4339	95.6
9	-23.5021	1.2	1.6727	32.2
10	166.5200	24.55		
11	22.4254	3.5	1.6034	38.0
12	-17.0491	1.55	1.5268	51.4
13	11.9087			

(条件対応値)

- (1)  $f_1/f = -10.98$
- (2)  $f_5/f = -10.98$
- (3)  $v_{3n} = 38.0$
- (4)  $D/f = 2.455$

【0029】図6は、第3実施例における諸収差図である。各収差図において、Yは像高を、NAは開口数を、dはd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) を、cはC線 ( $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ ) を、gはg線 ( $\lambda = 435.6 \text{ nm}$ ) をそれぞれ示している。なお、非点収差を示す収差図において実線sはサジタル像面を示し、破線mはメリディオナル像面を示している。各収差図から明らかなように、本実施例では、落射蛍光観察用の紫外線励起光に対して透過率の高い光学材料を使用した簡素なレンズ構成でありながら、諸収差が良好に補正されていることがわかる。特に、中心から周辺に亘って像の平坦性が良好に確保されていることがわかる。

にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。図示の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの接合正レンズ成分L3と、両凸レンズと両凹レンズとの接合正レンズ成分L4と、両凸レンズと両凹レンズとの接合負レンズ成分L5とから構成されている。

【0027】次の表(4)に、本発明の実施例3の諸元の値を掲げる。表(4)において、fはレンズ全系の焦点距離を、NAは開口数を、 $\beta$ は倍率を、WDはワーキングディスタンス(作動距離)をそれぞれ表している。さらに、左端の数字は物体側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nおよびvはそれぞれd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) に対する屈折率およびアッペ数を示している。

【0028】

【表4】

にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。図示の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの接合正レンズ成分L3と、両凸レンズと両凹レンズとの接合正レンズ成分L4と、両凸レンズと両凹レンズとの接合負レンズ成分L5とから構成されている。

にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。図示の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの接合正レンズ成分L3と、両凸レンズと両凹レンズとの接合正レンズ成分L4と、両凸レンズと両凹レンズとの接合負レンズ成分L5とから構成されている。

にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。図示の顕微鏡対物レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ成分L2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの接合正レンズ成分L3と、両凸レンズと両凹レンズとの接合正レンズ成分L4と、両凸レンズと両凹レンズとの接合負レンズ成分L5とから構成されている。

保されていることがわかる。

【0030】

【効果】以上説明したように、本発明によれば、倍率が20倍程度で、中心から周辺に亘って像面が平坦で諸収差が良好に補正され、且つ落射蛍光観察用としても使用可能なセミアポクロマート級の顕微鏡対物レンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。

【図2】第1実施例における諸収差図である。

【図3】本発明の第2実施例にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。

【図4】第2実施例における諸収差図である。

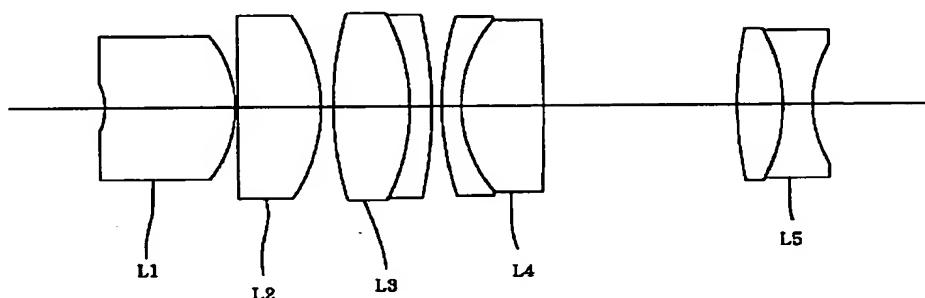
【図5】本発明の第3実施例にかかる顕微鏡対物レンズの構成を示す図である。

【図6】第3実施例における諸収差図である。

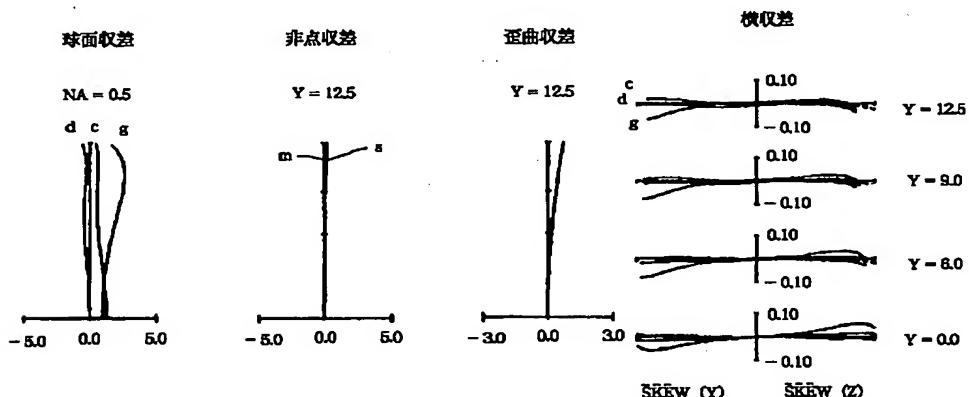
【符号の説明】

L<sub>i</sub> 各レンズ成分

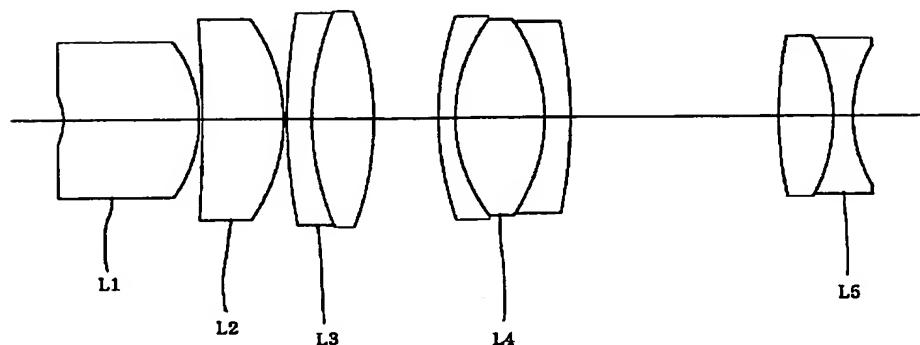
【図1】



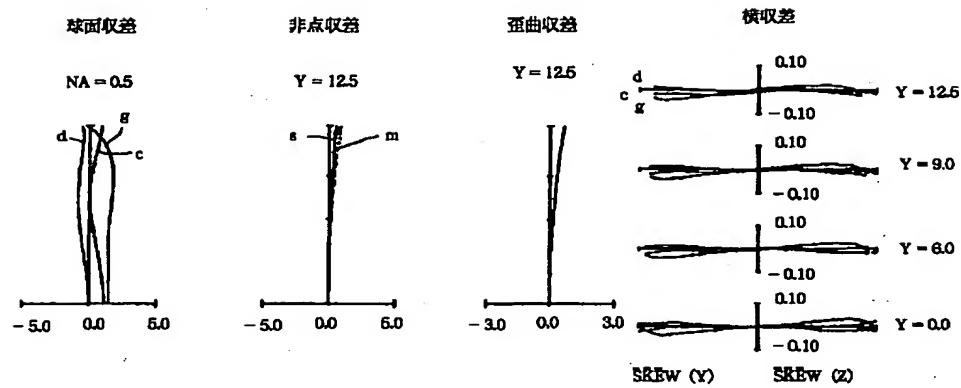
【図2】



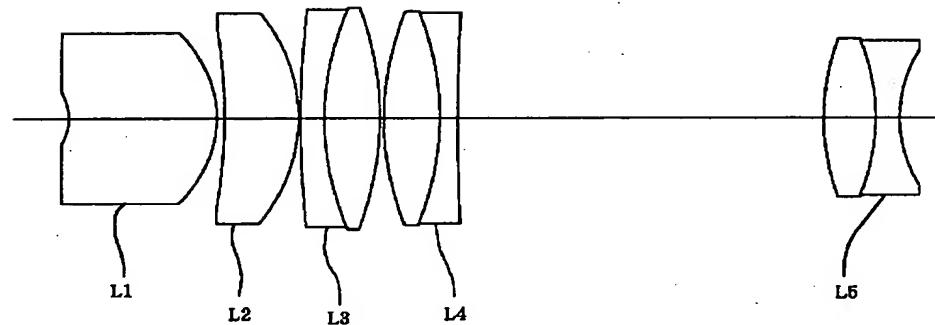
【図3】



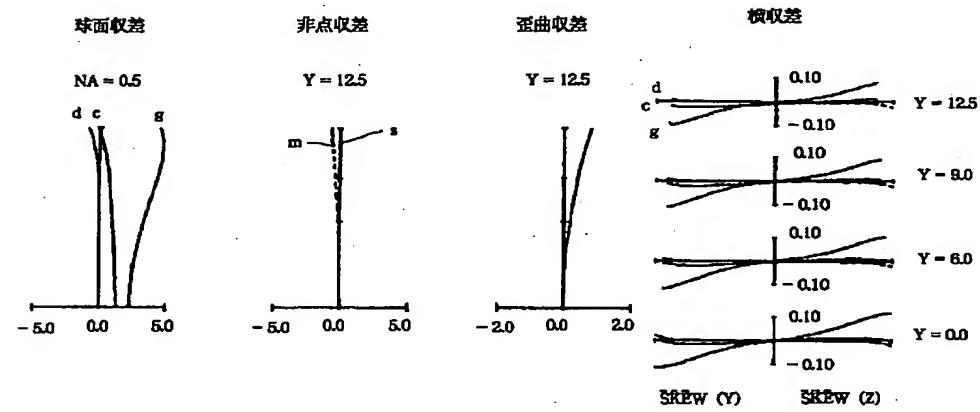
【図4】



【図5】



【図6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)